Über Hautdrüsen des Chaetopterus variopedatus Clap.

von

Dr. **Emanuel Trojan,**

Privatdozenten der Zoologie an der k. k. Deutschen Universität in Prag.

Aus dem Zoologischen Institut der k. k. Deutschen Universität in Prag.

(Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Mai 1913.)

Das Genus der Chätopteriden ist als solches durch Cuvier (1832) bekannt geworden. *Chaetopterus pergamentaceus* war die erste Spezies, die ausführlich beschrieben wurde; sie stammte aus Westindien. Seit jener Zeit haben zahlreiche Forscher andere Chätopteriden in den verschiedensten Meeren gefunden und nicht weniger als 14 neue Arten aufgestellt. Von diesen entfielen auf die Küsten Europas allein 9 Arten. Joyeux-Laffuie (1890, p. 345) wies in seiner *Chaetopterus*-Monographie nach, daß die europäischen Arten keine derlei durchgreifenden Unterschiede aufweisen, daß es einer Aufstellung von so vielen Arten bedürfte und daß alle 9 europäischen vielmehr auf eine einzige, den *Chaetopterus variopedatus*, der von Claparède (1868, p. 339) aus dem Golfe von Neapel (Puzzuoli, Baja) beschrieben und sogar schon Renier (1847, p. 35) als *Tricoelia variopedata* bekannt war, zurückzuführen sind. Vielleicht, meinte Joyeux-Laffuie weiter, ließe sich ähnliches auch bei den außereuropäischen Arten durchführen. Ob dies in der Tat auch schon geschehen ist, weiß ich nicht.

Es wäre aber verdienstvoll, eine genaue Revision aller Chätopteriden überhaupt vorzunehmen, da die von Joyeux-Laffuie durchgeführte nur eine teilweise war, somit keinen Anspruch auf Vollkommenheit erheben kann und dazu noch von niemandem überprüft worden ist. Vielleicht würde eine Nachuntersuchung in dieser Richtung ebenso interessante Resultate zutage fördern wie die, welche ich im Hinblick auf zwei wichtige biologische Momente, das Leuchten und den Röhrenbau des Tieres, zu meinen Studien neulichst gemacht habe. Während mir die obengenannte Monographie nämlich über die erste Erscheinung wenig Aufschluß brachte, versagte sie bei der zweiten vollends. Und so war ich gezwungen, an die Untersuchung jener beiden interessanten Lebensgewohnheiten des *Chaetopterus* selbst heranzutreten.

I. Das Leuchten.

Das Material beschaffte ich mir durch die k. k. Zoologische Station in Triest von der Nordküste der Adria. Herrn Prof. Dr. Cori, dem Leiter der Station, bin ich für sein besonderes Entgegenkommen, daß er mich, trotzdem der Wurm gar nicht allzu häufig anzutreffen ist, doch mit Material versorgte und mir einiges Interessante über das Vorkommen des Tieres mitteilte, zu großem Danke verpflichtet.

Der Wurm bewohnt bekanntlich eine Röhre, die er selbst gebaut hat; sie ist weniger oder mehr, manchmal ganz U-förmig gekrümmt, steckt mit ihrem Mittelteil im Meeresboden, während die beiden Enden hervorschauen. Das Material der Röhre ist weich, lederartig, außen von dunkelbrauner Farbe, innen von hohem Seidenglanz und grauweiß. Oft ist sie mit Ascidien, Muscheln oder anderen kleineren Tieren besetzt. Die Länge der von mir untersuchten Exemplare, etwa 12 an der Zahl, war verschieden; ich hatte Stücke von 25 *cm*, letzthin aber auch solche von 97, ja selbst eines von 105 *cm* Länge; die letzteren dürften allerdings zu großen Seltenheiten gehören, zumal ich den Angaben von Enders (1908, p. 329), dem sicher ein reichliches Material zu Gebote stand, entnehme, daß die längsten Röhren 15 *cm* im horizontalen Teile und 22 *cm* in den verti-

kalen Armen hatten, was eine maximale Gesamtlänge der Röhre mit 59 *cm* ergeben würde. Derselbe Forscher hat überdies Röhren mit drei Armen gefunden; solchen begegnete ich niemals, was aber allerdings mit Rücksicht auf mein spärliches Material leicht Erklärung finden könnte. Der dritte Arm soll, wie Enders beschreibt, von dem Horizontalteil der ursprünglichen U-förmigen Röhre abzweigen und die beiden ersteren Arme im Durchmesser und in der Länge übertreffen. Wahrscheinlich wird für die durch das Wachstum verursachte Größenzunahme des Wurmes durch Erweiterung der Röhre Vorsorge getroffen. Die Wachstumzonen der Röhren lassen sich am besten an den Enden nahe den Mündungen verfolgen, wo dünne, nahezu durchscheinende Lamellen einander dachziegelartig übergreifen. Der äußerste Rand ist in der Regel eine feinste Membran. Diese Dickenabnahme der Röhrenwandung gegen die Enden bedingt eine merkliche Verjüngung des Gebildes.

Gilt es nun, die Röhre samt ihrem Bewohner, dem Wurme, möglichst unversehrt zu bekommen, so muß man die aus dem Boden hervorragenden Enden zugleich erfassen und das Ganze emporheben. Dies gelingt zumeist leicht, da die Würmer mit ihren Röhren im Sande, beziehungsweise Schlamme stecken. Nur läßt sich ein *Chaetopterus*-Fang nicht jederzeit durchführen, da die Stellen, wo man die Tiere antrifft, nicht immer zu den seichtesten gehören; da heißt es, tiefe Ebben abwarten, wie solche zur Zeit des letzten Frühjahräquinoktiums im Golfe von Triest eingetreten sind. Man wurde auch bei Gelegenheit eines damals unternommenen *Chaetopterus*-Fanges reichlich belohnt, da 9 Exemplare auf einmal beisammen angetroffen wurden, was zu der Vermutung, daß *Chaetopterus* auch nesterweise und gehäuft vorkommen kann, Veranlassung bietet. Prof. Cori führt diese auch bei anderen Seetieren von ihm oft beobachtete Erscheinung auf die Art des Schwärmens der Larven und Eigentümlichkeiten des Larvenlebens zurück.

Eine andere Art des Fanges von Chätopteriden als die eben beschriebene erweist sich aus dem Grunde unvorteilhaft, da die Röhren sowie der äußerst leicht zerbrechliche Wurm mehr oder weniger beschädigt werden, ja in vielen Fällen der

letztere überhaupt entkommt. So bekam ich auch früher Röhren, die sich, nachdem man sie geöffnet hatte, als leer erwiesen.

Ist aber eine Röhre bewohnt, so gewahrt man bei ihrem Eröffnen, das am besten durch äußerst vorsichtiges Aufschneiden der Länge nach mittels Schere geschieht, ihren Bewohner (Tafelfig. 9). Messungen der mir zu Gebote stehenden Exemplare ergaben bei den kleinsten Würmern 9 *cm*, bei den größten 30 *cm* Länge, d. i. also immer ungefähr ein Drittel der Länge der Röhre.

Während man sonst bei Polychäten an eine Gleichförmigkeit der zahlreichen Körpersegmente und ihrer Anhänge gewohnt ist, zeigt *Chaetopterus* einige Eigentümlichkeiten in dieser Richtung, was sein Aussehen allerdings geradezu absonderlich macht. Abgesehen von den Anhängen des Kopfes lassen die anderen in drei Gruppen untereinander ziemlich übereinstimmend drei Körperregionen unterscheiden, einen Vorder, Mittel- und Hinterleib. Am Kopfe fällt zunächst eine ventrale, kragenartige Falte auf, die man als Unterlippe auffassen könnte; sie umgreift den Kopf auch seitlich, läßt aber die Dorsalseite frei, während sie jederseits in einem Lappen endet. Sie ist sehr beweglich und kann zu einem Trichter geformt werden und dürfte somit bei der Nahrungsaufnahme eine große Rolle spielen. Von der Basis ihrer beiden den Kopfseiten eingefügten Lappen gehen zwei schlanke, zugespitzte Fühler ab. Der Mund ist ein deutlicher Querspalt. Der Vorderkörper läßt, abgesehen von seinen Anhängen, Andeutungen einer Segmentierung nur auf seiner Dorsalseite erkennen. Diese ist nämlich schwach ausgehöhlt und weist leicht erhabene Querfurchen auf; in ihrer Mitte verläuft eine deutliche Rinne. Besser als das Relief der Oberseite deuten Körperanhänge, deren es am Vorderkörper 10 Paare gibt, auf eine Segmentierung hin. Bei allen von mir untersuchten Exemplaren sind die ersten 9 Paare derselben seitliche, schlanke, kegelförmige Anhänge, Notopodien. Sie werden im allgemeinen nach hinten zu immer länger, nur das neunte Paar ist etwas verkürzt. Dafür übertrifft das darauffolgende zehnte durch seine außerordentlichen Dimensionen alle die übrigen, denn es ist mehr als doppelt so

lang und breit als sie. Jeder von den Anhängen trägt auf seiner Außenseite einen kammartigen Borstenbesatz; der des vierten Paares fällt vermöge seiner schwarzen Farbe im unteren Teile des Borstenkammes besonders auf. Zu den ersten 8 Paaren von Dorsalanhängen, den Notopodien, gibt es keine analogen auf der Ventralseite, keine sogenannten Neuropodien; erst denen des neunten Paares entsprechen kleine fächerartige Hautfalten, die am Rande kleine Borsten tragen; ferner kommen zu den besonders entwickelten Notopodien des zehnten Paares gut ausgebildete Neuropodialanhänge hinzu. Die letzteren verschmelzen median zu einer Falte mit aufgeworfenem Rande, die als Saugscheibe funktionieren kann.

Es folgt der Mittelleib. An seinem Vorderteil sieht man dorsal den voluminösen Darm von dunkelgrüner Farbe; er ist in kurze Windungen gelegt. Unter ihm ziehen zwei starke zylindrische, longitudinale Muskeln bis an das Ende des Mittelleibes parallel nebeneinander hin. Das erste Mittelleibdrittel weist nur ein Paar Notopodien auf. Sie umgreifen von unten her jene beiden Muskeln und den Darm, verschmelzen aber über dem letzteren zu einem unpaaren, napfartigen Dorsalanhang mit wulstigem Rand. Zu diesen Notopodien gehört ein ventrales Neuropodienpaar von derselben Ausbildung wie das letzte obenbeschriebene vom Vorderkörper.

Die dorsale mediane Rinne vom Vorderleib läßt sich bis zu jenem unpaaren Dorsalanhang verfolgen. Im letzten Mittelleibdrittel sind auch paarweise Verschmelzungen von Notopodien zu bemerken, jedoch mit dem Unterschied, daß dort die Dorsalanhänge nicht napfartig eingestülpt sind, sondern kreisrund gestaltete kragenartige Lappen vorstellen. Die entsprechenden Verschmelzungen der ventralen Neuropodialäste treten nur teilweise, und zwar in den zentralen Partien auf, während ein tiefer Einschnitt am Vorder- und Hinterrand auf die Duplizität der Anhänge hinweist.

Der Hinterleib scheint in seltenen Fällen ganz angetroffen zu werden. Regelmäßig ist das Schwanzende vorzeitig abgebrochen und der Wurm endigt mit verhältnismäßig großen Segmenten. Bei unversehrten Exemplaren — mir standen nur wenige zu Gebote — nimmt die Größe der Hinterleibssegmente

und ihrer Anhänge allmählich ab, bis die letzten ganz unscheinbar werden. Bei ganzen Würmern zählte ich ihrer bis 40. Ein jeder von ihnen besteht aus einer Zentralplatte (Tafelfig. 3), die auffällig große Notopodien trägt (Tafelfig. 3, *no*). Diese sind, falls es sich um ein Männchen handelt, schlank kegelförmig, bei Weibchen dagegen, insbesondere zur Reifezeit der Eier, dick angeschwollen. Die entsprechenden Neuropodien zeigen keinerlei Verschmelzungen, im Gegenteil, ein jedes zu einem Paare gehörige zeigt eine weitere Zweiteilung, so daß eigentlich vier Anhänge ventral nebeneinander in einer Reihe liegen, und zwar zwei äußere größere mit einem unscheinbaren Cirrus (Tafelfig. 3, *näu*) und zwei innere kleinere (Tafelfig. 3, *ni*).

Die Gewebe des Wurmkörpers sind zum großen Teile äußerst zart und nahezu durchsichtig, der Körper leicht zerbrechlich, seine Farbe im allgemeinen gelblich mit einigen ausgesprochen weißlichen, sich deutlich abhebenden Stellen; als solche gelten dreieckige Flecken auf der ausgehöhlten Oberseite des großen letzten Notopodienpaares am Vorderleib, ferner die Ränder der Wülste an dem napfartigen Dorsalanhang am Mittelleib, dann elliptische Flecke auf der Hinterseite eines jeden Notopodiums des Hinterleibes (Tafelfig. 3, rechts angedeutet); auch der distale Teil der letzteren sowie der Rand der drei scheibenförmigen Dorsalanhänge des Mittelleibes und die Fühler verraten einen weißlichen Anflug. Diese Stellen sind es zugleich, die für das Leuchten des Wurmes in Betracht kommen. Denn befreit man das Tier von seiner Röhre durch Öffnen derselben in der obenbeschriebenen Weise in einem halbwegs verfinsterten Raume, so erblickt man den Wurm im eigenen Lichte, noch besser, wenn man den Raum total verfinstert. Ich wüßte keine bessere Beschreibung des Leuchtvermögens von *Chaetopterus* als jene, die seinerzeit Panceri (1876, p. 3) gegeben hat, und ich will sie, weil auch meine Beobachtungen die seinigen vollauf bestätigen, ungefähr unter einigen Ergänzungen meinerseits hier wiedergeben. Wenn die ihrer Röhren entblößten Tiere eine Zeitlang im Aquarium ruhen, zeigen sie von selbst, trotzdem sie sich beständig bewegen und ihre drei kragenartigen Dorsalanhänge des Mittelleibes regelmäßig hin und her schwingen lassen, kein

Leuchten. Nur dann, wenn man sie irgendwie reizt, also mechanisch am einfachsten durch Berühren mit dem Finger oder sonst mit einem Gegenstand, dann entwickeln sie nach und nach Licht, das immer lebhafter wird und einer eigenartigen Substanz, die sich zum Teil im Wasser wolkenartig verbreitet, zum Teil an dem Objekte, das mit dem Wurm in Berührung kam, anhaftet. Solch leuchtendes Sekret wird reichlich abgeschieden und erweist sich bei mikroskopischer Betrachtung aus lauter kleinen leuchtenden Pünktchen zusammengesetzt. Das Licht ist, sofern man das Leuchten anderer Tiere kennt, außerordentlich brillant und azurblau. Es reicht hin, daß man in einem verdunkelten Raume eine Person neben sich deutlich erkennt, daß man die Zeit vom Zifferblatt der Uhr ablesen kann; ja, es ist so stark, daß es selbst in einem Raume, wo eine Kerze brennt oder das Tageslicht einigermaßen Zutritt hat, noch wahrgenommen wird; allerdings erscheint es dann grünlich.

Nachdem der Reiz aufgehört hat, nimmt auch das Licht ab, jedoch ganz allmählich, so daß es, wie ich beobachtete, minutenlang dauert, bevor jeglicher Lichtschimmer verschwindet. Das Licht bleibt während dieser Zeit am längsten lokalisiert an den obenbezeichneten Stellen des Tieres, die man jetzt deutlich erkennt, was bei der unmittelbar nach der Applikation des Reizes reichlich erfolgten Absonderung der leuchtenden Substanz unmöglich war, denn dort erschien der ganze Wurm vom Licht umstrahlt. Jetzt sieht man, daß alle schon makroskopisch differenzierten Stellen in der Tat leuchten. Es braucht aber geraume Zeit, ja, ich kann von Stunden sprechen, bevor der Wurm nach einem solchen Prozeß wieder zum Leuchten durch Reize gebracht werden kann.

Das Licht von *Chaetopterus* verbreitet sich nicht von der berührten Stelle auf andere Körperteile aus, wie das bei manchen anderen leuchtenden Tieren der Fall ist, es erscheint und bleibt bloß unmittelbar an dem Orte des Reizes.

Bruchstücke des Wurmes leben tagelang im Aquarium fort und behalten ihre Leuchtkraft; auch nach dem Absterben dauert dies eine Zeitlang fort.

Außer den obenerwähnten mechanischen Reizen bringen auch andere den Wurm zum Leuchten, so die Erhöhung der Temperatur des Seewassers, Anwendung von Süßwasser, Sublimat und Formol. Am effektvollsten ist die Wirkung schwacher elektrischer Ströme auf ein im Süßwasser befindliches Tier; ständig und außerordentlich lebhaft strahlen da die Leuchtstellen minutenlang Licht aus.

Während ich diesen Betrachtungen des Leuchtphänomens bei *Chaetopterus* seitens Panceri's zustimme, kann ich nicht Gleiches in bezug auf den feineren Bau der Leuchtorgane sagen. Der histologischen Untersuchung derselben stellen sich große Schwierigkeiten entgegen, die in der Wahl des richtigen Fixierungsmittels ihren Grund haben. So waren denn auch meine ersten Exemplare sowie alle, die ich von auswärts in fixiertem Zustande bezog, für meine Zwecke nicht zu brauchen. Denn das eine Mal waren die bewußten Körperstellen, an denen ich meine Untersuchungen beginnen wollte, stark verquollen und von einer mächtigen flockigen Masse ganz eingehüllt; diese aber schrumpft dann in steigendem Alkohol eigenartig stark zusammen, so namentlich auf dem letzten großen Paar Dorsalanhänge des Vorderleibes und dem ersten napfartigen des Mittelleibes; diese Stellen sahen zwar sehr schön blendend weiß aus, erwiesen sich aber sehr hart, wie mit Kalk inkrustiert; an ein erfolgreiches Zerlegen in Mikrotomschnitte war nicht zu denken. Eine auf Entkalkung hinzielende Behandlung führte dazu, daß alsbald die mächtige Verquellung einsetzte. Derzeit bediene ich mich zwecks Fixierung außerordentlich starker Konzentrationen von Formol, die in kurzer Zeit hintereinander gewechselt werden müssen; nur so ist es möglich, die Leuchtorgane bei dem Aussehen, das sie im Leben tragen, zu erhalten. Auch ein Übergießen des lebenden Wurmes mit einprozentiger Osmiumsäure und Belassen des Tieres in der Flüssigkeit bis zur Bräunung der Gewebe lieferte zum Teil recht gute Resultate.

Diese Schwierigkeiten der Fixierung dürften so manchen von den histologischen Studien der Leuchtorgane von *Chaetopterus* abgehalten haben und übrigens auch schon Panceri bekannt gewesen sein, weshalb es ihm unmöglich wurde,

anderes Material als lebendes zu untersuchen. Auch ich ließ diese Methode nicht außer acht; ich kam aber bald zu der Einsicht, daß sie nicht überall, wo das Leuchten am lebenden Tier beobachtet wird, zu erwünschten Resultaten führen kann. Und in der Tat beschränkte denn auch Panceri seine Untersuchungen nur auf die auffälligsten großen Lichtflecke und blieb uns die Erklärung im Hinblick auf die Fühler, den Rand der drei kragenförmigen Anhänge des Mittelleibes und der Spitzen des Hinterleibes schuldig, welche Teile doch auch Licht von sich geben. Mir war es nun möglich, auch diese Körperteile in den Kreis meiner Betrachtungen zu ziehen, und ich beginne daher mit der histologischen Beschreibung der Verhältnisse an den Fühlern.

Die Leuchtorgane der Fühler.

An einem Querschnitt durch die Fühler (Tafelfig. 4) erkennt man, daß ihre Wandung im Umkreis nicht überall aus den gleichen Elementen besteht. Sie setzt sich allerdings, wie wir es bei Polychäten zu finden gewohnt sind, aus dem Epiderm und der Muskellage zusammen, hat aber auf der Oberseite der Fühler die dreifache Dicke von jener der Unterseite, denn sie mißt da nur 44 μ, dort hingegen 132 μ. An dem Aufbau des Epiderms haben im allgemeinen die Deckzellen den Hauptanteil. Sie sind im ventralen Teile der Fühler kubisch, werden seitlich nach oben prismatisch und gelangen schließlich auf der Oberseite zur schlank zylindrischen Form. Sie tragen auf ihrer Außenseite zahlreiche Cilien. Zwischen diesen Elementen sind Drüsenzellen von zweierlei Art eingestreut, und zwar erstens eiförmige Zellen mit feinkörnigem Inhalt, der sich mit Eosin färbt. Solche kommen im ganzen Umfang des Fühlers vor, messen auf der Unterseite desselben 18 μ, auf der Oberseite 58 μ an Länge und hängen von der Cuticula in das Innere des Epiderms herab, ohne jemals seine bindegewebige Grenzlamelle zu erreichen. Ihr Kern ist wandständig, plattgedrückt und liegt im untersten Teile der Zelle. Diese Zellen stehen direkt ohne Vermittlung eines Kanals durch eine Öffnung mit der Außenwelt in Verbindung. Man kann sagen, daß sie

zahlreicher auf der Oberseite als auf der Unterseite des Fühlers vertreten sind. Ganz auffällig ist aber eine derartige Verteilung bei der zweiten Art von Drüsenzellen der Fühlerepidermis. Das sind Zellen von Birnform, die ansonsten seltener am Fühler anzutreffen sind, dagegen in einer dorsalen Streifenzone dicht akkumuliert beisammen stehen. Diese Zellen durchziehen die ganze Dicke des Epiderms; sie ruhen mit ihrem basal verdickten Körper auf der Grenzlamelle auf, verschmälern sich nach oben zu einem langen, dünnen Hals, der mittels einer sehr feinen Öffnung nach außen zwischen den zahlreichen Wimpern der Deckzellen ausmündet. Ihre Länge schwankt, je nachdem es sich um die Unterseite oder Oberseite des Fühlers handelt, zwischen 20 und 80 μ. Den Kern bei diesen Zellen nachzuweisen ist mir nicht gelungen. Der Zellinhalt besteht aus kleinen rundlichen Körnchen, welche jene der benachbarten eosinophilen Drüsenzellen an Größe etwas übertreffen; er färbt sich auch zum Unterschied von jenem mit Hämatoxylin, Thionin, Muchämatein, Mucicarmin. Es handelt sich hier also um echte Schleimzellen. Ich halte diese Elemente schon aus dem Grunde, weil das Licht von den Fühlern am intensivsten in jener dorsalen Streifenzone, wo sie also am dichtesten vorkommen, ausgestrahlt wird, sowie aus Gründen, die ich noch im Verlauf der Arbeit angeben werde, für die Leuchtdrüsen der Fühler.

Die Leuchtdrüsen des Vorderleibes.

Während am ganzen Vorderleib sonst nie ein Leuchten wahrzunehmen war, lenkte die konkave Oberseite des letzten großen Notopodialpaares durch ihr Licht meine Aufmerksamsamkeit auf sich. Das Mittelfeld verrät, wie schon oben erwähnt, bei makroskopischer Betrachtung im Tageslicht, daß es sich hier um histologisch speziell ausgebildete Gewebe in Form eines langen, spitzigen Dreieckes handeln dürfte, denn dieses sticht vermöge seiner weißlichen Färbung von der gelblichen Umgebung ab. Die Oberfläche erweist sich bei Lupenbetrachtung reichlich gefurcht. Die mikroskopischen Präparate von Querschnitten zeigen, daß das Epiderm der Notopodien in dem bezeichneten Felde der Oberseite ausschließlich aus einer

ungeheuren Masse von Drüsenzellen besteht. Im Umkreise derselben hat sich das benachbarte Epiderm auf eine äußerst dünne Lage von 38 μ Dicke reduziert und schwillt nun zu einer solchen von 205 μ plötzlich an. Die flimmertragenden Deckzellen werden gegen den Rand des dünnen Epiderms sehr spärlich und so erscheint jene dreieckige Platte als ein großer Komplex, der fast ausschließlich aus hohen, schlanken, zylindrischen Drüsenzellen besteht (Tafelfig. 8). Diese zeigen hinsichtlich ihres körnigen Inhaltes und dessen Verhaltens gegen Farbstoffe dieselben Eigentümlichkeiten wie die zweite Art der an den Fühlern beschriebenen Drüsenzellen; auch sie sind also Schleimzellen. Und in dem Umstande, daß sie die überwiegenden Zellelemente einer mit Sicherheit lichtausstrahlenden Stelle des Körpers sind, liegt der Grund, sie als Leuchtdrüsenzellen aufzufassen. Dieser Befund stützt auch hinlänglich die obige Behauptung hinsichtlich der gleichen Zellen an den Fühlern.

Bisher hat außer Panceri früher schon Will (1844, p. 332) über das Leuchten von *Chaetopterus* berichtet und die Lichtentwicklung am Vorderleib auf eine »schwammige Drüse« zurückgeführt. Er schreibt: »Auf der Rückenfläche des Vorderleibes liegt eine schwammige Drüse, welche durch ihre weiße Farbe gegen die gelbliche Körpersubstanz hinreichend absticht, um in ihrem ganzen Umfang genau erkannt werden zu können; sie erstreckt sich nach vorn, wo sie sich etwas verschmälert, bis nahe an den Mund, läuft an beiden Seiten bis an die Basis der Fußstummel und bildet fast allein die vordere Hälfte der Scheide des flügelförmigen Borstenbündels am Ende des Vorderleibes.« Ich kann mir diese irrige, nahezu unverständliche Darstellung des Leuchtorgans am Vorderleibe von *Chaetopterus* nicht anders erklären, als daß sich Will durch schlecht konservierte Exemplare, die allerdings auch auf der konkaven, gefurchten Oberseite des Vorderleibes einen weißlichen Anflug mitunter bekommen, zu der Annahme verführen ließ, daß hier ein Zusammenhang mit den Leuchtorganen der großen Notopodien bestehe. Bei histologischer Untersuchung verliert die »schwammige« Drüse Will's jede Berechtigung, denn von den oben beschriebenen Leuchtdrüsenzellen ist auf der Oberseite des Vorderleibes sonst nichts zu finden. Die einzigen Leucht-

organe hier sind eben die Drüsen des letzten Notopodialpaares.

Panceri (1875, p. 5) beschrieb die äußere Form der betreffenden Organe ganz richtig, hingegen stehen seine Angaben über ihre Histologie mit den Resultaten meiner Untersuchungen durchaus nicht im Einklang. Panceri stellt sich jene Leuchtorgane als Säcke vor; sie sollen allseits geschlossen sein, denn trotz aller Suche sei es ihm nicht gelungen, eine Spur von Ausführungskanälen oder Mündungen ausfindig zu machen. Es seien also vollkommen geschlossene Drüsen, die aus Lagen von kugeligen Zellen, einer speziellen Modifikation der Epithelzellen des Wurmes, bestehen. Demgemäß stellt auch der Autor ein Bruchstück einer solchen Drüse dar und man sieht in der Figur (Tafelfig. 8) eine äußerst zarte Hautmembran der Drüse und hinter ihr die kugeligen Zellen. Sie sollen 0·02 *mm* im Durchmesser halten. Das Ganze erinnere wegen der durchaus gleichmäßig körnigen Ausbildung des Zellinhaltes und seiner Lichtbrechung an die Corpora adiposa der höheren Wirbeltiere. Die Körnchen erfüllen aber nicht den ganzen Innenraum der Zellen, sondern schwimmen in einem amorphen Protoplasma herum.

Ich halte diese Darstellung als völlig verfehlt und kann mir nicht recht erklären, welche Beobachtungen Panceri zu einer solchen bewogen haben mögen. Es wäre etwa nur die eine Möglichkeit, daß er einen Querschnitt durch den basalen Teil irgendeiner Partie des Leuchtkörpers, vielleicht eine Falte, gelegt und aus einem solchen die Kugelform der Zellen abgeleitet hat. Denn in der Tat ist von kugeligen Drüsenzellen hier keine Rede, es handelt sich entweder um schlank zylindrische oder, wie es die Gestaltung der Drüse an den tiefsten Stellen der Furchen, beziehungsweise den höchsten der Falten, also den Umbiegungsstellen mit sich bringt, um schlank konische Elemente, also Zellen, deren Längenausdehnung die Dicke um ein mehrfaches übertrifft. Sie haben allerdings, wie auch Panceri beobachtete, körnigen Inhalt, entledigen sich aber desselben beim Leuchten durch eine feine terminale Öffnung, die jenem Autor entgangen ist. Es ist hier also weder eine innere Lumineszenz, bei welcher der Zellinhalt an Ort und

Stelle bliebe und eine chemische Umwandlung erführe, noch kommt es zu einer Abstoßung von Schichten kugeliger Zellen, wie Panceri zu vermuten scheint, sondern es liegt die gewöhnliche Absonderung leuchtenden Schleimes durch feine terminale Poren vor. Meiner Ansicht nach besteht gar kein Unterschied zwischen diesen Drüsenzellen hier und den analogen an den Fühlern.

Die Leuchtorgane des Mittelleibes.

Es ist bereits erwähnt worden, daß in dieser Körperregion alle vier Notopodialanhänge Licht von sich geben, der erste napfartige unvergleichlich mehr als die drei übrigen. Untersucht man den wulstigen, weiß erscheinenden Rand desselben histologisch an Querschnitten, so bekommt man Bilder, die von jenen der soeben beschriebenen Leuchtdrüsen des letzten Notopodienpaares des Vorderleibes in keinerlei Weise abweichen. Man sieht also wiederum eine kolossale Akkumulation von Drüsenzellen mit nahezu vollständigem Ausschluß flimmertragender Deckzellen im Epiderm. Jede einzelne Drüsenzelle hier hat das typische Aussehen wie dort, auch den gleichen Inhalt und entledigt sich seiner in der bereits beschriebenen Weise. Allerdings ist die nächste Umgebung dieses Leuchtorgans von jener der früheren etwas verschieden. Das an und für sich hier hohe Epithel der Notopodialwand geht nämlich in das gleich hohe Leuchtepithel über; bevor es aber zu der Akkumulation der Leuchtdrüsenzellen kommt, trifft man einzelne von ihnen versprengt in der Umgebung an. Außerdem begleitet den ganzen Rand des Leuchtorgans eine deutliche Zone von eosinophilen Drüsenzellen. Sie sind eiförmig, haben einen homogenen Inhalt und ähneln durchaus nicht jenen eosinophilen Zellen, die ich an den Fühlern in Begleitung der Leuchtzellen gefunden habe.

An den übrigen drei Notopodialanhängen ist der Hautmuskelschlauch von großer Zartheit; er verdickt sich nur unbedeutend gegen den Rand der Gebilde. Es ist somit, wie man sich an mikroskopischen Präparaten überzeugt, wegen Raummangels zur Ausbildung von jenen typischen Leuchtdrüsenzellen nur in beschränktem Maße gekommen. Man trifft sie

eben bei geringen Dimensionen nur in der Randpartie an. Ihr Bau ist im wesentlichen derselbe wie der oben beschriebene.

Während Will (1844) diese Leuchtorgane, wie bei den Fühlern, einfach übersah, faßt sie Panceri (1875, p. 5) unter denselben Gesichtspunkten auf wie die übrigen hier noch zu beschreibenden Leuchtorgane, weshalb ich mir eine diesbezügliche Polemik mit ihm für später aufhebe.

Die Leuchtorgane des Hinterleibes.

Es muß gleich eingangs in diesem Kapitel erwähnt werden, daß das Leuchten in dieser Körperregion, das auch hier nur an den Notopodien seinen Sitz hat, stets an zweierlei Stellen derselben, und zwar sowohl an den Spitzen als auch an den basalen Teilen deutlich erscheint. Während nun aber die ersten bei gewöhnlicher makroskopischer Betrachtung fast gar nichts von Leuchtorganen merken lassen, erkennt man an den letzteren recht große elliptische weiße Flecken, die sich gegen die sonst gelbliche, wenn es sich um ein Weibchen zur Reifezeit mit voll angeschwollenen Ovarien handelt, orangefarbige Umgebung ganz besonders abheben.

Mikroskopische Präparate von Querschnitten durch die Spitzen der Notopodien liefern Bilder, die einigermaßen an die durch die Fühler erinnern. Auch hier zeigt sich nämlich eine streifenförmige Häufung der Elemente, auf denen das Leuchten beruht (Tafelfig. 6 *l*); jene Zone liegt hier auf der vorderen Außenseite des Notopodiumendes. Die Dicke des Hautmuskelschlauches zeigt im Umkreise keine derartigen großen Unterschiede wie dort. Je weiter von der Spitze des Notopodiums nach unten gegen seine Basis, um so weniger ausgeprägt wird die Häufung jener bewußten Elemente; sie werden spärlicher und, da auch die Dicke des Epiderms beträchtlich abnimmt, werden sie bedeutend kleiner, bis sie nahe der Mitte der Vorderseite des Anhanges fast ganz verschwinden, während sich hier zugleich an der Rückenseite eine Häufung typischer Leuchtzellen (Tafelfig. 1 *l*) bemerkbar macht. Diese Partie gehört aber bereits den basalen Leuchtdrüsen der Notopodien an.

Schon oben wegen ihrer Leuchtkraft, ihrer auffälligen Größe und Farbe erwähnt, zeigen die basalen Leuchtdrüsen der Hinterleibsnotopodien bei histologischer Untersuchung eine mächtige Entwicklung (Tafelfig. 1). Es sind reichverzweigte tubulöse Drüsen, deren Haupt- und Seitenkanäle mit den typischen Leuchtzellen des Wurmes, die hier eine an der anderen dichtgedrängt stehen, ausgekleidet sind. Jene schlank zylindrischen Gebilde erreichen hier die größten Längendimensionen unter den Leuchtzellen des *Chaetopterus* überhaupt, denn ich habe hier auch 150 μ lange beobachtet. Man kann nicht sagen, daß das Aussehen dieser Zellen ein anderes wäre als das der analogen von den übrigen Notopodialleuchtorganen: es sind wieder schlank zylindrische, mit körnigem Inhalt gefüllte und mit einer feinen terminalen Öffnung versehene Gebilde. Die engen Lücken zwischen ihnen füllen flimmertragende Deckzellen aus.

Der Eingang in die geräumige tubulöse Drüse ist ein feiner Schlitz (Tafelfig. 1, 3 *n*), der in der halben Höhe der Rückenseite des Notopodiums liegt. Nach ihm hin nimmt die Dicke der Drüsenwandungen ab, und zwar in dem das Dach des Schlitzes bildenden Teile schneller als auf dem Boden desselben. Die Drüsenzellen werden dementsprechend kleiner und auch spärlicher; immerhin sind sie aber noch unmittelbar vor dem Drüseneingang recht zahlreich; das ist eben die Stelle, auf die ich schon oben hingewiesen habe.

Nur Panceri (1875, p. 5) hat bisher diese Organe näher gekannt und ihr Inneres beschrieben. In der Zeichnung, die er von ihrem histologischen Bau entwarf, finde ich die Leuchtdrüsenzellen allzu wenig vertreten. Es gibt ihrer tatsächlich viel mehr. Aber auch im übrigen hat jener Autor diese Leuchtorgane und ihre Stellung zu den übrigen des Wurmes nicht ganz richtig erfaßt. Wir lesen nämlich bei ihm: »I tentatacoli, il tubercolo *b*, la superficie ed il bordo delle lamine branchiali la stessa superficie delle pinnule, la dove non sono le glandole speciali dianzi descritte, s' illuminano e danno con lo sfregamento una materia speciale, luminosa, la quale deriva da elementi cellulari conformati e disposti diversamente da quelli delle glandole delle pinnule.

Quelle che Claparède chiamò glandules du mucus phosphorescent, le cellule più grandi frammiste all' epitelio esterno menzionate da Lespés, i follicoli poliedrici a forma di fiaschetto vedutti anche dal Will, sono per certo glandole unicellulari di varia forma, più generalmente piriformi, collocate in rango colle cellule del epitelio vibratile che riveste queste regioni, ed aperte allo esterno con un orificio beante, d' onde sfugge colla pressione parte, ovvero tutto anche il contenuto delle medesime. Il qual contenuto risulta di un nucleo eccentrico simile a quello delle cellule adipose e di una materia omogenea giallastra, che ha tutto l' aspetto del grasso.

Le nostre figure 4 e 5 mostrano queste cellule *a*, *a*, *a* nella loro forma e in rapporto con l'epitelio vibratile. Con *b* è indicato il contenuto fuoruscito. Che se il muco segregato dalla superficie esterna di un chetottero, stimollato al modo sopra detto, si ponga al microscopio, anche in questo caso si vedrà che i puntini luminosi e le scintille corrispondono alle granulazioni di questa materia segregata dalle glandole unicellulari in parola, la cui luce sara estinta non si tosto s' impieghi l' alcool, il quale per tanto agisce, per quanto scioglie questa materia, siccome abbiamo notato in altri animali ad epitelii fosforescenti.

Le glandole dei rami superiori dei piedi della regione posteriore, che nelle femine si veggono molto più distintamente, alorchè le ovaje, piene d' uova dal vitello color ranciato, rendono gonfii i rami dei piedi (figure 1, 2 *d*), sono costituite fondamentalmente dallo stesso epitelio. Però quì, a similitudine di quanto si è osservato per le glandole delle pinnule, il tegumento è esuberante in aree relativamente ristrette, cossichè l'epitelio ha campo di costruire delle sporgenze e delle rientrature che in una sezione verticale sembrano glandole tubulari (figura 7), mentre osservando la superficie epiteliale in totale, si veggono solche regolari e paralleli destinati ad aumentare la superficie dell' organo (figura 6), siccome si nota tanto di frequente nelle mucose, la dove mancano glandole a forma distinta.«

Wiewohl diese Beschreibung in einigen Punkten das Richtige trifft, tut sie der Sache zunächst insofern Gewalt an,

als sie alle Leuchtorgane des Wurmes, ausgenommen die der großen Notopodien des Vorderleibes, in eine Reihe stellt. Wenngleich auch ich zugeben muß, daß eine große Ähnlichkeit darin zwischen allen besteht, daß die histologische Einheit für das Leuchtphänomen immer eine und dieselbe Drüsenzelle ist, so kommt es doch viel darauf an, ob solche Elemente am Körper des Wurmes vereinzelt verstreut vorkommen oder ob sie sich unter Beteiligung anderer Epidermzellen oder Ausschluß von solchen zu mehrzelligen Drüsen ausbilden. Und in dieser Hinsicht müssen schon Unterschiede gemacht werden; daher treffe ich folgende Einteilung:

1. Die Fühler, der Rand der kragenartigen Notopodialanhänge des Mittelleibes und die Spitzen jener des Hinterleibes gehören insofern zusammen, als ihr Leuchten in einzelligen Drüsen seinen Sitz hat.

2. Die Leuchtorgane des letzten großen Notopodienpaares des Vorderleibes und des unpaaren napfartigen Dorsalanhanges des Mittelleibes bilden eine zweite Kategorie, insofern es sich bei ihnen um mächtige, reine Leuchtepithelien mit spärlichen flimmertragenden Deckzellen handelt. Ein Unterschied, wie ihn Panceri für die ersteren dieser beiden Leuchtorgane im Hinblick auf die Gestaltung der Leuchtzellen annimmt, besteht nicht.

3. Die Leuchtorgane der Basalteile der Hinterleibsnotopodien stellen eine eigene Gruppe vor, denn es handelt sich hier um große Akkumulationen von einzelligen Drüsen in den Flimmerepithelien, und zwar jenen, wie ich an meinen Schnittserien erkannt habe, der Endteile der Nephridialorgane des Wurmes, also um modifizierte Harnblasen.

Diese Tatsache, die unzweideutig besteht, da es mir gelang, eine Verbindung zwischen Leuchtdrüsen und Nephridien direkt nachzuweisen (Tafelfig. 1 *m*), erhebt einigen Anspruch auf Interesse. *Chaetopterus* entledigt sich durch die Nephridien zugleich seiner Genitalprodukte, der Eier und Spermatozoen; es ist mir zwar nicht klar, was für einen Zweck es hätte, wenn den Genitalprodukten beim Passieren der Leuchtdrüsen leuchtendes Sekret beigegeben werden sollte; geschieht aber

solches doch, dann liefert dieser Fall einigermaßen eine Erklärung dazu, wie Eier leuchtender Tiere, die allzu oft schon selbst leuchtend beobachtet wurden, zu ihrem Leuchtvermögen kommen können, nämlich durch Umhüllung des Leuchtsekrets der Mutter.

Panceri hatte von dem Zusammenhang, der zwischen diesen Leuchtdrüsen und den Nephridien besteht, noch keine Kenntnis und ließ sich überhaupt, wie man dem obigen Zitat entnehmen kann, gar nicht zu weit auf ihren weiten Bau ein. Unbegreiflich ist mir jedoch, daß Joyeux-Laffuie (1890, p. 324 bis 332), der in seiner *Chaetopterus*-Monographie den Nephridien ein eigenes, langes Kapitel widmete, von diesen Leuchtdrüsen bei der Beschreibung des »reservoir segmentaire«, das als Harnblase aufzufassen wäre, keinerlei Erwähnung tut. In der Figur des Exkretionsapparates (Taf. XVIII, Fig. 7) scheint mir allerdings eine Teilung der Blase in zwei Teile durch eine Einschnürung in der Mitte angedeutet zu sein; von diesen hätte man sich den äußeren annähernd als den zur Leuchtdrüse modifizierten zu denken. In der Beschreibung des feineren Baues mangelt es jedoch an jeglicher Bemerkung über die Ausbildung der typischen Leuchtdrüsenepithelien, wie ich sie gefunden und beschrieben habe.

Um welche Kategorie der Leuchtorgane des Wurmes es sich aber auch immer handeln mag, die histologische Grundlage ist immer dieselbe, eine zartwandige, langgestreckte Zelle; ihre Grundform ist die zylindrische. Diese erleidet in den Fühlern die auffälligste Modifikation, insofern es hier zur Ausbildung eines dickbauchigen Leibes und eines sehr dünnen, langen Halses kommt; ansonsten erfährt aber die ursprüngliche Form der Zellen wenig Veränderungen, denn sie schwillt nur unbedeutend im apicalen oder basalen Teile an und geht so in eine Keulenform über. Diese Veränderungen sind aber — das sei hier besonders betont — ganz geringfügiger Art und führen meines Erachtens, sofern ich am lebenden Material gesehen habe, niemals zu den dick angeschwollenen bis kugeligen Gebilden, die wir bei diesen Drüsenzellen in Schnittpräparaten von fixiertem Material so oft beobachten können. Diese beruhen vielmehr auf der starken Quellbarkeit des betreffenden Zell-

inhaltes. Bei guter Konservierung stellt jener übereinstimmend mit dem von mir an lebenden Tieren beobachteten eine körnige Masse dar. Alle Körnchen haben ungefähr die gleiche Größe und variieren nicht in jenen Grenzen, wie es Panceri (1875, Taf. I, Fig. 4 *b*) darstellt. Sie haben einen Stich ins Gelbe und dürften eine Fettsubstanz sein, was aus folgendem Verhalten hervorgeht. Wenn man ein Stück frischen, reinen Leuchtepithels, also am besten von den Leuchtorganen der zweiten Gruppe, auf dem Objektträger im Mikroskop betrachtet und Äther vom Rande des Deckglases zusetzt, so verschwinden die Körnchen des Zellinhaltes vor dem Auge des Beobachters mit ziemlicher Geschwindigkeit und werden von dem Äther aufgelöst und davongetragen. Schließlich bleibt von dem betreffenden Gewebestück nichts anderes übrig als ein ausgespültes Gerüst von feinsten Zellmembranen. Diese Beobachtung dürfte vielleicht für die nähere Untersuchung des Leuchtsekretes von großer Bedeutung werden, denn sobald man hinlänglich Wurmmaterial zur Verfügung hätte, könnte man auf die obenerwähnte Weise aus den großen und zahlreichen Leuchtorganen des Wurmes das reine Sekret mit Leichtigkeit extrahieren und dann chemisch untersuchen.

Es ist sozusagen zur Regel geworden, daß bei ähnlichen Themen wie dem vorliegenden am Ende der Betrachtungen die Frage aufgeworfen wird, ob das Leuchten für das Tier eine besondere biologische Bedeutung hat oder nicht und, wenn das erstere der Fall ist, worin jener biologische Wert bestehe. Wir sind schon lange nicht mehr gewohnt, überall aus der Erscheinung tierischer Lumineszenz mit Notwendigkeit einen Zweck zu folgern, da wir erkannt haben, daß in vielen Fällen Licht von den Tieren in der Tat ganz zwecklos ausgestrahlt wird; man denke nur an die große Zahl leuchtender Protisten von mikroskopischen Dimensionen im Plankton des Meeres, die Ceratien, Pyrocysten und Noctilucen. Welchen Nutzen könnte das Leuchten jenen Lebewesen bringen? In solchen Fällen kann man nichts anderes sagen, als daß es eine zufällige Begleiterscheinung im Chemismus der Stoffwechselprodukte der betreffenden Tiere sei. In unserem Falle wäre man beinahe geneigt, dasselbe anzunehmen, handelt es sich hier doch um

einen Wurm, der, wie man glauben sollte, sein Leben in dem dunklen Innern einer im Sande oder Schlamme des Meeresgrundes eingebauten Röhre fristet; was sollte dem das Leuchten nützen? Eine verneinende Antwort möchte ich auf diese Frage nicht geben, ohne vorher einige andere biologische interessante Momente erwähnt zu haben, die uns zu der Vermutung, daß vielleicht die Lumineszenz für den *Chaetopterus* doch nicht ganz zwecklos sein müßte, bringen werden. Jourdain (1868) und Joyeux-Laffuie (1890, p. 332) haben bereits an unserem Wurme die Eigentümlichkeit gefunden, daß er sehr leicht bricht, was auch ich bestätigen kann. Besonders merkwürdig ist es aber, daß in den meisten Fällen der Bruch an ein und derselben Stelle erfolgt, d. i. in der Mitte zwischen dem letzten großen Notopodienpaar des Vorderleibes und dem napfartigen Dorsalanhang des Mittelleibes. Es soll nun nach den Angaben des ersten der beiden französischen Gelehrten der Wurm imstande sein, aus dem abgebrochenen Vorderteil das übrige zu regenerieren, nach den Angaben des letzteren sogar auch umgekehrt aus dem abgebrochenen zweiten Stück den Vorderkörper neu bilden können. Natürlich sollen verloren gegangene Hinterleibsteile ohneweiters nachwachsen. Ich habe bisher noch keine Gelegenheit gehabt, mich an lebendem Material von der Wahrheit dieser beiden ersten Behauptungen zu überzeugen, sie sind jedenfalls wert, überprüft zu werden, namentlich was die zweite anbelangt; so viel aber kann ich schon sagen, daß ich in den Tuben oft Exemplare fand, denen ein Stück Schwanz fehlte. So bewahre ich bei mir von den letzthin gefischten Prachtexemplaren eines auf, dessen Hinterleib mit dem 26. Segment bereits aufhört; daß es nicht das natürliche Ende des Wurmes sei, beweist die bedeutende Größe des Segmentes, während wir sonst an die allmähliche Größenabnahme der Schwanzsegmente gewohnt sind. Dazu sind jene Röhren mit aller Vorsicht seit ihrer Auffindung behandelt worden.

Es ist ausgeschlossen, daß der Wurm die Läsion beim Fange erlitten hätte. Die Erscheinung derartiger Beschädigung von Würmern ist aber nach den Angaben von Joyeux-Laffuie gar nicht so selten, so daß man annehmen muß, der Wurm bleibe nicht immer in dem Innern der Röhre, sondern

stecke vielleicht zeitweise das eine Mal das Kopf-, ein andermal das Schwanzende aus den Öffnungen seiner Behausung heraus. Als röhrenbewohnendes Tier dürfte er auch lichtscheu sein und daher nur im Dunkeln aus der Röhre teilweise hervorkommen. Bei dieser Gelegenheit kann er von einem gefräßigen Feinde überrascht werden. Infolge der hohen Zerbrechlichkeit des Körpers wird es dem Angreifer nicht möglich sein, der ganzen Beute habhaft zu werden, er wird sich nur mit einem Stück abfinden müssen und wer weiß, ob er sich nicht auch von diesem, derweil es sich unter intensiver Ausstrahlung des Lichtes hin und her windet, aus Furcht abwendet. Derlei wäre gar nicht so unmöglich und es hätte somit das Leuchten für *Chaetopterus* doch einen biologischen Wert. Solche Vermutungen sind nicht neu. Schon Mangold (1907, p. 622) hat an Ähnliches bei den leicht zerbrechlichen, leuchtenden Schlangensternen, den Ophiopsilen, die eine versteckte Lebensweise im Sande führen, gedacht, es aber zugleich als höchst unwahrscheinlich hingestellt. Es war ferner Kutschera (1909, p. 97), der den biologischen Wert des Leuchtens von *Acholoe astericola*, eines Wurmes, der verborgen in der Ambulacralrinne von *Astropecten* schmarotzt, so erfaßt, wie ich es mir bei *Chaetopterus* vorstelle, denn er schreibt: »*Acholoe astericola* führt in den Ambulacralrinnen von Seesternen ein geschütztes Dasein und wird von den Feinden ernstlich wohl nur bedroht, wenn sie den Seestern verläßt, auf ihm herumkriecht oder einen Teil ihres Körpers aus ihrem Zufluchtsort hervorschauen läßt.

Packt nun ein Feind, z. B. eine Krabbe, mit ihren Scheren den Wurm so an, so wird er das gebrechliche Tier fast immer entzweischneiden. Dabei geschieht genau dasselbe, was vor sich geht, wenn wir *Acholoe* im Laboratorium zerteilen: Das abgetrennte Schwanzstück vollführt mit allen seinen Elytren ein Schreckfeuerwerk, wobei vielleicht auch einige leuchtende Elytren abgestoßen werden; der Angreifer stutzt, währenddem hat das intakt gebliebene Vorderende Zeit, sich im schützenden Arm des Seesternes zu verbergen.

Wurde das Tier vom Verfolger nicht durchtrennt, sondern nur ergriffen, so leuchten nur die durch die Berührung gereizten

Elytren auf und die Schreckwirkung wird eine dementsprechend geringere sein.«

Natürlich haben aber derlei Ansichten dort wie hier, solange man nicht sichere Anhaltspunkte hat, nur den Wert von Vermutungen.

II. Der Röhrenbau.

Waren die histologischen Grundlagen des interessanten Leuchtphänomens des Wurmes bisher so mangelhaft erkannt, so wußte man über die einer anderen, nicht weniger wichtigen biologischen Erscheinung, des Röhrenbaues, noch viel weniger. Man fand sich diesbezüglich einfach wie bei anderen tubicolen Würmern mit der Behauptung ab, die Röhre entstünde aus erhärtetem Schleim, den der Wurm aus seiner drüsigen Haut absondere. So lesen wir bei Joyeux-Laffuie (1890, p. 272): »La cuticule épidermique est toujours très mince, surtout lorsque les cellules portent des cils vibratiles. Les glandes unicellullaires sont répandues dans l'épiderme sur toute la surface du Chétoptère; elles jouent chez cet animal un rôle important, leur produit étant destiné à former le tube qui abrite l'animal. Ces cellules sont disséminées parmi les cellules épidermiques, et, en certains points, elles sont en nombre presque égal à ces dernières. Tout permet de supposer que se sont des cellules épitheliales modifiées. Elles se distinguent par leur volume considérable, par il contenu réfringent et par la présence d'un gros noyau, qui peut occuper, dans l'intérieur, des positions variées. Elles sont surtout abondantes dans l'entonnoir buccal, sur la face dorsale de la région supérieure, sur le bord des rames en palettes de la région moyenne, ex presque uniformément sur tout la région inférieur; ce sont, du reste, ces parties qui sont les plus brillantes lorsque l'animal est lumineux.« Mit dieser Beschreibung ist aber, wie ich mich überzeugt habe, eine arge Verwirrung in die Histologie der Haut hineingetragen worden, denn es sind hier einzellige Eiweißdrüsen von dem Typus, wie ich ihn auf den Fühlern oben beschrieben habe, ferner Leuchtdrüsen und Elemente für den Röhrenbau arg untereinander geworfen. Aber selbst in neuester Zeit erfahren

wir aus der Abhandlung von Enders (1907, p. 128), die sich speziell mit dem Röhrenbau des Wurmes beschäftigt, nichts Genaueres; auch dieser Autor meint, daß ein Schleim von dem Körper des Wurmes — die Art von Drüsen, die ihn absondern sollen, kennt Enders nicht, er weiß auch nicht, in welcher Körperregion solche zu suchen wären — reichlich abgesondert, sogleich von der Mundfalte zur Röhre modelliert werde und gleich darauf pergamentartig erhärte. Enders huldigt also noch der alten Auffassung.

Bei der Suche nach den Leuchtorganen des Hinterleibes fiel es mir in meinen Schnittserien auf, daß gewisse Partien der paarigen Notopodien eine auffällige Verdickung des Hautmuskelschlauches erfahren. Längs- (Tafelfig. 11) und Querschnitte (Tafelfig. 6) der apicalen Hälften dieser Körperteile wiesen übereinstimmende Bilder auf. Meine Vermutung, daß sich eine derartige Differenzierung auch vielleicht makroskopisch schon an dem Objekt erkennen ließe, wurde bestätigt, denn bei genauerem Zusehen bemerkt man alle Notopodialäste des Hinterleibes nach oben hin zum größten Teile von einer dickeren Haut bekleidet, während nur ein schmaler Streifen, der, wenn man sich das Notopodium senkrecht aufgestellt denkt, im vorderen äußeren Quadranten liegt, dünn und nahezu durchsichtig bleibt. Die histologische Untersuchung jener verdickten Stellen ergab recht interessante Resultate. Im basalen Teile (Tafelfig. 11) der erwähnten Notopodien ist der Hautmuskelschlauch sehr dünn und mißt bloß 30 μ in der Dicke; er besteht aus dem Epiderm und der Muskellage. Während die letztere ihre unscheinbare Dicke im ganzen Notopodialanhang behält, schwillt das Epiderm gegen den Apex ungefähr in halber Höhe rasch an und erreicht eine Dicke von 140 μ. Von den drei Elementen des Epiderms, Cuticula, Deck- und Drüsenzellen, sind es zunächst die zweiten, die unsere Aufmerksamkeit auf sich lenken. Wir sind gewohnt, sie sonst am Körper des Wurmes als kubische, prismatische oder zylindrische Zellen von normalem Aussehen mit einem Flimmerbesatz auf der Außenseite im Verein mit Schleim- und Eiweißdrüsenzellen anzutreffen; hier aber begegnen wir ihnen als überaus langen, spitzigen Kegeln, die ihre mit Wimpern besetzte

Basis nach außen kehren. Im Innern dieses verbreiterten Teiles weisen sie ein feines Längsfaserwerk auf, das sich zu einem dicken Endfaden in der feinen Kegelspitze vereinigt. So kommen sie da eigentlich überall eingekeilt zwischen anderen Elementen des Epiderms, die hier überaus reichlich wuchern und den ersten Platz behaupten, vor. Diese anderen Elemente sind Drüsenzellen (Tafelfig. 2, 5, 7, 12, 14 *dr*). Die meisten von ihnen erscheinen als schmale Spindeln, beziehungsweise Zylinder von kolossalen Längendimensionen (bis 120 μ). Das Auffälligste an ihnen ist ihr Inhaltskörper (Tafelfig. 5, 7, 12, 14 *i*). Man bekommt den Eindruck, als handelte es sich hier bei den einen um Knäule, bei anderen um Strähne von gewöhnlicher Aufwicklung in Ellipsen oder um solche in Achterform gedrehte oder endlich um Bündel von feinstem Fadenzeug. Die Dicke eines Fadens beträgt $^1/_2$ μ. Manchmal füllt dieser Inhaltskörper das Innere der zarthäutigen Zellen ganz aus, manchmal liegt er mitten drin in einem feinkörnigen Plasma; in vielen Fällen ist aber von diesem letzteren keine Spur mehr vorhanden. Dafür trifft man in allen den Zellen an dem nach außen gekehrten Ende einen homogenen Plasmapfropf an, der zuweilen in den Präparaten durch einen zarthäutigen Kragen, der für die längsten unter jenen Zellen charakteristisch ist, hervorgequollen erscheint und dann die Form von eigenartig gestielten Köpfchen aufweist (Tafelfig. 12). Die Tinktion dieser Zellpartie mit Eosin war eine überaus intensive gegenüber der ganz unbedeutenden des übrigen Zellinhaltes. Lange mußte ich nach dem Kern suchen. Ich fand ihn klein, an der Zellenmembran ganz plattgedrückt im basalen Teile der Zelle seitlich liegen (Tafelfig. 2, 14 *k*).

Es ist mir nun auch gelungen, die verschiedene Form, die sowohl diese Elemente selbst sowie ihr fädiger Inhaltskörper zeigen, dahin zu erklären, daß wir es in ihnen mit den verschiedenen Wachstumsstadien jener Zellen zu tun haben. Als jüngste Form traf ich sie in Birnform (Tafelfig. 2 *dr*) an. Sie hängen da an einem Stiele von der Cuticula in das Innere des Epiderms hinein. Schon auf dieser Stufe läßt ihr Plasma zwei verschiedene Partien, die sich in Form und weiters bei der Tinktion deutlich voneinander unterscheiden, erkennen. Den

bauchigen Leib der Zelle erfüllt ein körniges Plasma. Der Kern der Zelle ist hier leicht zu erkennen; er ist plattgedrückt und liegt der Zellhaut basal seitlich an. Von einem Inhaltskörper fehlt noch jede Spur. Dafür sitzt aber in der Spitze der Zelle bereits jener homogene Plasmapfropf.

Als zweite Wachstumsform betrachte ich Spindeln, die sich durch Übergänge von der obigen Birnform ohneweiters in den Präparaten ableiten lassen. Sie reichen von der Cuticula bis zur Grenzlamelle des Epiderms. Sie sind ziemlich schlank und weisen denselben Inhaltskörper wie die früheren von Birnform auf. Man sieht nun in den Präparaten Zwischenformen, die zum dritten Stadium des Wachstums hinleiten; die Spindeln werden nämlich dicker und in ihrer Mitte differenziert sich ein Knäuel heraus (Tafelfig. 5 *dr*). Dieser ist anfangs ganz locker und besteht aus einer großen Zahl von Fadenschlingen, die dadurch zustande kommen, daß sich die Körnchen des Zellinhaltes hintereinander anreihen.

In der vierten Wachstumsperiode (Tafelfig. 7 *dr* links) sieht man den Knäuel regelmäßiger geformt; er hat Kugelgestalt und seine Fäden sind deutlich aufgewickelt. Sie liegen aber nur peripher, denn das Knäuelinnere ist von demselben körnigen Inhalt ausgefüllt wie der Raum außen um den Knäuel.

Das nächste Wachstumsstadium ist dadurch ausgezeichnet, daß die kugelige Form des Inhaltskörpers in eine längsovale übergeht. Das Fadenmaterial ist äußerst reichlich geworden, dafür ging von dem körnigen Zellinhalt beinahe alles verloren. Daraus geht ein Zusammenhang zwischen den beiden Substanzen deutlich hervor: die erstere wächst auf Kosten der letzteren. Eigentümlicherweise kann das Fadenwerk in diesem Wachstumsstadium auch die Form einer Doppelschlinge zeigen (Tafelfig. 7 *dr* rechts).

Die fertige Zelle (Tafelfig. 12 *dr*) endlich ist eher zylindrisch als spindelförmig zu nennen; sie ist sehr lang und schmal, trägt apical einen zarthäutigen Kragen, der zwischen den zahlreichen Wimpern der Deckzellen der Umgebung liegt. Ihr Inneres ist nahezu ganz ausgefüllt mit einem Bündel sehr feiner, paralleler Längsfäden; nur ein kleiner Rest des Innenraumes am apicalen Ende der Zelle weist homogenes Plasma auf.

Es handelt sich also hier um Drüsenzellen, die im ausgebildeten Zustande zweierlei Substanzen enthalten, und zwar eine flüssige, eosinophile und eine feste in Fadenform.

Es war für mich sehr schwer, am konservierten Material die Frage zu entscheiden, ob in dem fädigen Inhaltskörper nur ein einziger aufgewickelter Faden oder zahlreiche Teilstücke vorliegen. Aus den Schnitten ließ sich das nicht ohneweiters ersehen. Ich wendete daher für Stücke der betreffenden Hautstellen Kalilauge an. Diese zerstörte alles bis auf das Fadenwerk (Tafelfig. 10). Wenn ich nun auf das Deckglas einen Druck ausübte, so gingen die Fäden doch nicht weiter auseinander, als sie oben in den Zellen ursprünglich eingebettet waren, d. h. sie blieben in Knäueln, Strähnen und Bündeln. Es machte schon allerdings manchmal den Eindruck, als wären es eher Fadenstücke als ein einziger ganzer Faden; doch wer konnte wissen, ob nicht das Material infolge der Konservierung hart und brüchig geworden ist und jetzt dem auf das Deckglas ausgeübten Drucke nachgegeben hat? Nun gelang mir aber die Entscheidung dieser Frage an lebendem Material sehr leicht. Frische Hautpartien von den bewußten Stellen der Hinterleibsnotopodien wurden unter dem Deckglas beobachtet. Da zeigte es sich, daß nur ganze Faserbündel aus dem Inneren jener Zellen allmählich ausgestoßen wurden. Ich konnte bei diesem Prozeß deutlich die apicalen Enden der einzelnen Fäden zuerst aus den Zellen heraustreten sehen und dann, nachdem das ganze Bündel draußen war, auch die basalen Enden der parallel nebeneinander verbleibenden Fadenstücke erkennen.

Die Beobachtung ähnlicher Zellelemente bei Polychäten ist, wie ich mich aus der Literatur überzeugt habe, eine sehr rare gewesen. Nur ein Autor war es, der ihrer Erwähnung tut, allerdings aber aus einer ganz anderen Perspektive als ich. In seinem berühmten Werke »Les annélides chétopodes du Golfe de Naples«, das vorwiegend der Anatomie der Würmer gilt, berücksichtigt Claparède (1868, p. 14, 15) auch einigermaßen die Histologie und spricht dort von eigenartigen Gebilden in der Haut mancher Würmer; er nennt sie »follicules bacillipares«. Er sagt, es wären Behälter, erfüllt mit einer ganzen Menge von Stäbchen. Bei Chätopteriden speziell sollen sie sehr zahlreich

sein, denn es heißt über *Ranzania* (1868, p. 128) dort: »Les tissus de la Ranzania sagittaria renferment un grand nombre des follicules bacillipares (1 *G*, *a*) et présentent comme ceux de tant d'autres Chétoptériens la particularité de décharger une foule de filaments contournés (1 *G*, *b*) dès que l'animal est irrité.« Eigentümlicherweise sagt aber derselbe Forscher in seinem späteren Werke: »Recherches sur la structure des Annélides sédentaires« (1873), das nur der Histologie der Würmer gewidmet war, über jene Gebilde speziell bei unserem *Chaetopterus*, den er dort in den Kreis seiner Betrachtungen auch aufgenommen hatte, nichts Besonderes. Joyeux-Laffuie hat sie überhaupt nicht gefunden.

Doch es ist über jeden Zweifel erhaben, daß sich die sogenannten »follicules bacillipares« Claparède's mit den von mir oben beschriebenen Zellen decken. Eine Ähnlichkeit läßt sich schon auf den ersten Blick aus der dort beigegebenen Figur (siehe Textfigur p. 592) erkennen. Allerdings muß hierzu bemerkt werden, daß es sich bei *Chaetopterus* niemals wie dort bei *Ranzania* um keulenförmige Gebilde handelt, daß ferner die Fäden hier länger, hingegen niemals so dick sind wie dort und daß eine derartige Ausstoßung, wie bei *Ranzania* beschrieben, hier am lebenden Objekt nicht beobachtet wurde. Ferner ist das Vorkommen solcher Elemente beim *Chaetopterus* auf ganz bestimmte Körperpartien beschränkt. Es sind schließlich absolut keine Behälter mit Stäbchen, die hier in Frage kommen, sondern Zellen mit Fadeninhalt.

Natürlich ergibt sich aus meinen Betrachtungen auch eine ganz andere biologische Deutung jener Gebilde, als wie sie Claparède in seinen »follicules bacillipares« suchte. Wir lesen nämlich darüber bei ihm (1868, p. 15): »Le rôle de ces organes est, il est vrai, encore entièrement problématique. Je les comparés autrefois aux cellules pleines d'acicules des Turbellariés, et aux organes urticants des Mollusques, des Acalèphes et des Anthozoaires. C'est toujours une pure hypothèse.«

Wenn also Claparède die »follicules bacillipares« mit den Rhabditen der Turbellarien und den Nesselzellen der Cnidarier verglich (das andere kann hier nicht in Betracht kommen, weil es in unserer Wissenschaft längst eine andere Deutung erfahren hat), so meinte er, daß sie ihren Besitzern

zum Schutz und Beuteerwerb dienen. Es wird aber schon aus der einmal erwähnten Figur Claparède's ersichtlich, daß die Bezeichnung »follicules bacillipares« für jene Gebilde bei *Ranzania* nicht passe, da man dort doch nicht von Stäbchen sprechen kann; und noch weniger kann man sie für die von *Chaetopterus* brauchen, da man es doch hier mit sehr langen, äußerst dünnen Fäden zu tun hat. Solche können auch unmöglich als Waffen dienen, mit ihnen dürfte es wohl eine andere Bewandtnis haben. Nahe liegt die Vermutung, ob es nicht Spinndrüsen sind, die Material zum Bau der Röhre, die der Wurm bewohnt, hergeben.

a die »follicules bacillipares«, *b* die ausgestoßenen Fäden (nach Claparède).

Wenn man die Röhre auf ihren feineren Bau hin untersuchen will, so muß man dünne Lamellen nehmen; solche lassen sich nicht gar zu schwer aus dem Inneren der Röhre herausschälen. Man erlebt eine große Überraschung, wenn man im Mikroskop bei starker Vergrößerung erkennt, daß eine solche Lamelle eigentlich ein Gewebe von kreuz und quer verlaufenden Fäden ist (Tafelfig. 13). Die Fadendicke stimmt hier vollkommen mit der in den Zellen oben gefundenen überein. Es ist also sicher, daß der Wurm seine Röhre webt. Das Fadenmaterial liefern ihm wahrscheinlich eigene Spinndrüsen, in denen es eigentümlicherweise bereits vorgebildet ist. Er scheint allerdings kein großer Künstler in diesem Fache zu sein, denn an einigen Stellen der Membranen laufen die Fäden bunt durcheinander; aber er webt fest. Zuerst stoßt er eine Substanz aus der Spinndrüse heraus, die ich aus der Tinktion für eiweißartig, klebrig halte; sie dürfte vielleicht als Klebemittel dienen und gewissermaßen die Unterlage, wohin die Fäden kommen, zuerst benetzen. So hält das Gewebe dann besser beisammen. Daß es in der Tat ein gutes Gewebe ist, davon habe ich mich überzeugt, so oft ich frische Röhren zur Untersuchung bekam. Namentlich bei den kleineren ist das Zerreißen derselben der Quere nach durchaus

nicht leicht. Aber auch wenn man die feinen Lamellen mit Nadeln zerzupfen will, kommt man schwer weiter.

Was die chemische Natur der Substanz, aus der diese Fäden bestehen, anlangt, habe ich sie noch nicht untersuchen können. Meine erste Vermutung, es könnte sich vielleicht um einen chitinigen Stoff handeln, hat sich bei Reaktionen als nicht richtig erwiesen. Wenn ich aber demnächst anderen Proben nachzugehen Gelegenheit haben werde, so werde ich solche auf seidenartige Stoffe versuchen, denn der hohe Glanz der Röhre im Innern und die Feinheit sowie die Konsistenz der Fäden scheinen mir in jener Richtung Wegweiser zu sein. Nicht weniger interessant müßte es sein, den Wurm beim Bau der Röhre im Leben vom Anfang an beobachten zu können. Sollte dabei wirklich die Unterlippe, wie Enders (l. c.) meint, eine Rolle spielen? Ich bezweifle das und glaube, da es sich hier eigentlich um ein Weben handelt, daß eher jene Borstenkämme, die senkrecht von der Außenseite der stummelartigen Anhänge des Vorderleibes abstehen und deren Bedeutung man sich bis jetzt nicht recht zu erklären weiß, in Funktion treten könnten. Auch das dürfte die Beobachtung des lebenden Tieres bei seiner Tätigkeit entscheiden.

Sollten die Beobachtungen an lebenden Tieren den Beweis erbringen, daß die Chaetopteriden ihre weichhäutigen Röhren mit Hilfe jener Spinndrüsen verfertigen, dann läge ein analoger Fall zu dem Capitelliden *Polyodontes* vor. Dieser Wurm besitzt nach Eisig's (1887, p. 343) Angaben auf sämtlichen hämalen Parapodien (Notopodien) sogenannte gelbe Stränge, die der Autor als Spinndrüsen erkannt hat; es sind kolbige Bildungen, welche nur an ihrer Basis den Drüsenteil des Organs, ein von braunen Kügelchen erfülltes Fachwerk, in ihrem ganzen übrigen Teil dagegen das fertige Produkt der Drüse, eine große Anzahl von mehr oder weniger feinen Fäden enthalten. Es gibt auch eine Drüsenmündung dort, durch die jene Stränge nach außen geschoben werden. Mit Hilfe dieser Spinndrüsen sollen die Tiere, wie Eisig selbst beobachtete, in verhältnismäßig kurzer Zeit ihrer ganzen Länge nach mit einer großen Anzahl gelbgrauer, hautartiger Fetzen sich umgeben. Die mikroskopische Untersuchung derselben ergab, daß sie aus einer Menge ver-

filzter etwa 2 μ dicker Fäden zusammengesetzt waren. Auf diese Weise komme, wenn auch nicht gerade eine Wohnröhre, so doch eine sogenannte »Pseudoröhre« zustande.

Ich glaube, daß sich aus meinen Befunden neue Perspektiven für den Röhrenbau andererer tubicoler Polychäten eröffnen. Schon durch den Umstand, daß jene Spinndrüsenepithelien bei *Chaetopterus* auf den Notopodien des Hinterleibes liegen, erscheint die von Soulier (1888, p. 507), Brunotte (1888, p. 13, 16) und E. Meyer (1888, p. 582) als allgemein hingestellte Regel, daß Drüsen, die bei seßhaften Anneliden das zum Röhrenbau nötige Material liefern, in den Bauchschildern, also ventral liegen, widerlegt.

Literaturverzeichnis.

1888. Brunotte C., Recherches anatomiques sur une espèce du genre Branchiomma. Trav. Stat. Z., 77 Seiten, 2 Tafeln.

1868. Claparède E., Les annélides chétopodes du Golfe de Naples. 500 Seiten, 32 Tafeln.

1870. Claparède E., Les annélides chétopodes du Golfe de Naples. Supplément. 178 Seiten, 14 Tafeln.

1873. Claparède E., Recherches sur la structure des annélides sédentaires. 200 Seiten, 15 Tafeln.

1832. Cuvier G., La règne animal. Zweite Ausgabe.

1887. Eisig H., Monographie der Capitelliden. Fauna Flora Golf. Neapel, 16. Monographie, p. 906, 37 Tafeln.

1908. Enders E., Observations on the formation and enlargement of the tubes of the marine annelid (Chaetopterus variopedatus). P. Indiana Ac. Brookville, p. 128 bis 133. 4 Textfiguren.

1890. Joyeux-Laffuie J., Étude monographique du Chétoptére. Arch. Zool. exp., Bd. VIII, Serie II, p. 245 bis 360. 6 Tafeln.

1868. Jourdain S., Notice zoologique et anatomique sur une espèce de Chétoptére des côtes de la Manche (Chaetopterus Quatrefagesi). Paris.

1909. Kutschera F., Die Leuchtorgane von *Acholoe astericola*. Z. wiss. Zool., Bd. XCII, p. 75 bis 102, 1 Tafel, 7 Textfiguren.

1907. Mangold E., Leuchtende Schlangensterne und die Flimmerbewegung bei *Ophiopsila*. Arch. ges. Physiol., Bd. CXVIII, p. 613 bis 640.

1888. Meyer E., Studien über den Körperbau der Anneliden. IV. Die Körperform der Serpulaceen und Hermellen. Mt. Stat. Neapel., 8. Bd., p. 462 bis 662, Taf. 23 bis 26.

1875. Panceri P., La luce e gli organi luminosi di alcuni annelidi. Atti Acc. Napoli, Bd. 7, 20 Seiten, 4 Tafeln.

1847. Renier S., Osservazioni postume die Zoologia Adriatica. 32 Tafeln.

1888. Soulier A., Sur la formation du tube chez quelques Annélides tubicoles. C. R. Ac. Sci. Paris, Bd. 106, p. 505 bis 507.

1844. Will F., Über das Leuchten einiger Seetiere. Arch. Naturg., 10. Jahrg., 2. Bd., p. 328 bis 342.

Tafelerklärung.

d Deckzelle.
dr Drüsenzelle.
e Eosinophile Drüsenzelle mit körnigem Inhalt.
i Fadeninhalt.
k Kern.
l Leuchtdrüsenzellen.
m Nephridialmündung.
n Leuchtdrüsenmündung.
nän Äußeres Neuropodium.
ni Inneres Neuropodium.
no Notopodium.

Fig. 1. Längsschnitt durch eine Leuchtdrüse eines Hinterleibsnotopodiums. 15 mal vergr.
Fig. 2. Ein Jugendstadium einer Spinndrüse. 300 mal vergr.
Fig. 3. Ein Hinterleibssegment. 2 mal vergr.
Fig. 4. Ein Querschnitt durch die Streifenzone der Leuchtdrüsen vom Fühler. 400 mal vergr.
Fig. 5. Ein Jugendstadium einer Spinndrüse. 300 mal vergr.
Fig. 6. Ein Querschnitt durch ein Hinterleibsnotopodium. 70 mal vergr.
Fig. 7. Ältere Wachstumsstadien der Spinndrüsen. 300 mal vergr.
Fig. 8. Leuchtzellengruppe aus der Leuchtdrüse vom letzten Notopodienpaar des Vorderleibes. 300 mal vergr.
Fig. 9. Dorsale Totalansicht des Wurmes. (Weibliches Exemplar zur Zeit der Reife.) Nat. Gr.
Fig. 10. Ein isolierter Fadenkörper. 500 mal vergr.
Fig. 11. Ein Längsschnitt durch die Spitze des Hinterleibsnotopodiums. 20 mal vergr.
Fig. 12. Spinndrüsen bei der Entladung.
Fig. 13. Das Gewebe einer feinen Lamelle der Röhre. 800 mal vergr.
Fig. 14. Spinndrüsenepithel. 300 mal vergr.